

LA ARTICULACIÓN INTERDISCIPLINARIA DE LAS MATEMÁTICAS EN INGENIERÍA GEOFÍSICA

AUTORES: María Magdalena Toirac Suárez¹

Bertha Fernández de Alaiza García-Madrigal²

Dainel González Paret³

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: mariat@cemat.cujae.edu.cu

Fecha de recepción: 27 - 09 - 2015

Fecha de aceptación: 19 - 10 - 2015

RESUMEN

Se presenta un análisis de la articulación interdisciplinaria de la Matemática General para la carrera de Ingeniería Geofísica en el Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE) a partir de la identificación de los Nodos potenciales de articulación, que constituyen la base del rediseño de los programas de las asignaturas y disciplinas en el plan de estudio para lograr una sólida formación de los futuros ingenieros; ello se demuestra a través de la Estadística con las transformaciones a realizar en el diseño de la asignatura, como condición necesaria para el cumplimiento de las exigencias del profesional que se quiere formar. Se identificaron ejemplos propios de la carrera para poder aplicarlos en las clases de Matemática y Estadística, y se muestran algunos de ellos para la asignatura de Probabilidades y Estadística que sin dudas incrementarán la motivación de los estudiantes, al poder aplicar los conocimientos recibidos de diferentes asignaturas con enfoques, métodos, medios y bibliografía orientados armónicamente.

PALABRAS CLAVE: Nodos potenciales de articulación; Relaciones interdisciplinarias; Matemática; Ingeniería Geofísica; Interdisciplinariedad.

THE INTERDISCIPLINARY ARTICULATION OF THE MATHEMATICS IN GEOPHYSICAL ENGINEERING

ABSTRACT

An analysis of the General Mathematics's interdisciplinary articulation is presented for the career of Geophysical Engineering in the Polytechnic Superior Institute "José Antonio Echeverría" (CUJAE) starting from the identification of the potential Nodes of articulation that they constitute the base of the redraw of the programs of the subjects and disciplines in the study plan to achieve a solid formation of the future engineers, what is demonstrated through the Statistic

¹ Docente del Centro de Estudios de las Matemáticas del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE). La Habana, Cuba.

² Docente del Centro de Estudios de las Matemáticas del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE). La Habana, Cuba.

³ Docente del Centro de Estudios de las Matemáticas del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE). La Habana, Cuba.

with the transformations to carry out in the design of the subject, as necessary condition for the execution of the professional's demands that have to be formed. Examples characteristic of the career were identified to be able to apply them in Mathematics' classes and Statistic and some of them are shown for the subject of Probabilities and Statistic that will increase the motivation of the students without doubts, to the power to apply the received knowledge of different subjects with focuses, methods, means and bibliography guided harmoniously.

KEYWORDS: Potential nodes of articulation, interdisciplinary relationships, Mathematics, Geophysical Engineering, Interdisciplinary.

INTRODUCCIÓN

La Matemática es herramienta de trabajo y disciplina básica fundamental en la formación de un ingeniero, sin embargo muchos estudiantes de los primeros años consideran a la Matemática como una disciplina compleja, abstracta y desvinculada de su interés profesional, con la consiguiente falta de motivación para su aprendizaje, en lo que incide la poca articulación existente entre esta disciplina y las demás disciplinas de la carrera.

El objeto de la investigación desarrollada lo constituye la articulación interdisciplinaria de la disciplina Matemática General en la carrera de Ingeniería Geofísica, en el campo específico del perfeccionamiento de planes y programas de estudio de tipo disciplinar. De aquí que consideremos como Problema: La insuficiente articulación interdisciplinaria de la Matemática en la carrera de Ingeniería Geofísica.

En el convencimiento de que el análisis y superación de las deficiencias reconocidas tendrá una influencia positiva en la calidad del graduado es que se plantea este estudio orientado a determinar: La identificación de los temas de la disciplina Matemática General que presentan nodos potenciales de articulación interdisciplinaria con otras disciplinas, logrando su integración en forma sistémica al currículo de la carrera, cuya Hipótesis es: La identificación de los nodos potenciales de articulación interdisciplinaria puede servir de base para lograr la integración en forma sistémica al currículo de la carrera de Geofísica, incidiendo significativamente en la formación eficiente del egresado.

Son varias las razones que justifican la búsqueda de estrategias y vías adecuadas para realizar un perfeccionamiento curricular con carácter permanente en esta carrera de ciencias técnicas, entre las que se destacan las siguientes: la constante actualización que demanda el desarrollo tecnológico y científico técnico de la sociedad, la necesaria presencia de la interdisciplinariedad en los planes de estudio con enfoque disciplinar, la necesidad de una superación sistemática de los profesores de esta rama en aspectos fundamentales de la pedagogía, la didáctica y el diseño curricular que no formaron parte de los contenidos de la formación universitaria de la mayor parte de ellos y la necesidad de plantear estrategias viables que motiven e

involucren a todos los actores, ya que este proceso se realiza de manera natural solo en casos particulares, pero que no se hace extensivo de forma espontánea a toda la masa de profesores que participan en el proceso docente-educativo de una manera sistémica, consciente y comprometida.

DESARROLLO

Para desarrollar este trabajo utilizamos métodos teóricos y empíricos. Los primeros con el objetivo de profundizar en el conocimiento de los nodos potenciales de articulación interdisciplinaria y poder fundamentar nuestro trabajo y los segundos para caracterizar los fenómenos analizados y confirmar la hipótesis planteada. Entre los métodos teóricos utilizados se destacan el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción y el enfoque de sistema y con relación a los métodos empíricos se realizaron varias sesiones de discusión con profesores de experiencia de la carrera y se encuestaron a los especialistas y a los estudiantes de tercero y cuarto años.

En el desarrollo de este trabajo realizamos las siguientes tareas:

- Búsqueda bibliográfica, estudio, análisis y conceptualización de los nodos de articulación interdisciplinaria y del perfeccionamiento del diseño curricular en carreras de ciencias técnicas.
- Identificación de los temas de la disciplina que presentan nodos potenciales de articulación interdisciplinaria y clasificación de los mismos.
- Desarrollo de la dinámica de la interdisciplinariedad a través de los nodos potenciales de articulación de la disciplina, ejemplificando con el tema de Estadística.

Se entiende por “nodo potencial de articulación interdisciplinaria” aquel contenido de un tema de una disciplina o asignatura, que incluye los conocimientos, las habilidades y los valores asociados a él, que puede ser identificado a partir de su estructura temática, su lógica interna y las relaciones intradisciplinarias porque tiene la posibilidad de servir de base a un proceso de articulación interdisciplinaria en una carrera dada para lograr una formación más completa de determinados objetivos previstos en alguno de sus documentos rectores, ya bien sea por su condición de ser un contenido altamente estructurado que sirve de base, fundamento o medio para el desarrollo de otros contenidos en diversas disciplinas (tipo 1), o porque posee un carácter fuertemente no estructurado y puede ser el punto de convergencia y/o aplicación de contenidos de otras disciplinas (tipo 2), e incluso porque tenga la posibilidad de integrarse con otros nodos potenciales de otras disciplinas para constituir de conjunto con ellos un nodo potencial de una cualidad superior (tipo 3) al de cada uno de ellos de forma independiente.

Entre las características de estos nodos potenciales de articulación se encuentran las siguientes:

- Revelan el carácter interdisciplinario de los problemas de la práctica profesional y sus relaciones esenciales con los aspectos básicos, básico-específicos y de formación general de las disciplinas de una profesión dada.
- Una vez identificados los nodos potenciales de articulación de una disciplina es posible realizar una valoración de las transformaciones necesarias en los sistemas didácticos de las disciplinas relacionadas con dichos nodos con vistas a materializar la interdisciplinariedad y determinar los cambios y ajustes necesarios para garantizar un aprendizaje continuo y adecuadamente estructurado en los estudiantes, eliminando vacíos, incongruencias y solapes, entre otros aspectos.
- El desarrollo de la dinámica de la interdisciplinariedad, a partir de la identificación de los nodos potenciales de articulación interdisciplinaria, contribuye a desarrollar la motivación del estudiante desde la disciplina hacia la carrera y viceversa.

En el plan de estudio D de esta carrera la disciplina Matemática General establece como objetivo desarrollar las siguientes habilidades lógicas y algorítmicas en la comprensión matemática del mundo y en la aplicación a la solución de problemas profesionales: conocer, identificar, clasificar, demostrar, resolver, caracterizar e interpretar, mediante una correcta utilización del lenguaje matemático en sus formas analítica, gráfica, numérica y verbal aplicando los conceptos, métodos y fórmulas de la disciplina utilizando la terminología, la notación matemática en forma correcta y los elementos de la Lógica Matemática aplicados a casos sencillos de la Ingeniería Geofísica, lo que evidencia la importancia concedida a esta disciplina en la formación del egresado.

Las particularidades de la enseñanza de la disciplina Matemática General en el contexto de la formación del ingeniero geofísico debe tributar al perfeccionamiento del diseño curricular de la misma, encontrando estrategias que permitan que esta importante disciplina se articule de forma efectiva al currículo y logre los objetivos que se esperan de ella en la formación de esos especialistas. Para ello es necesario analizar los requerimientos de contenidos conceptuales y procedimientos matemáticos necesarios para afrontar el aprendizaje de las asignaturas del ciclo superior de la carrera según el diseño curricular vigente, así como también el ejercicio profesional y la capacitación permanente.

Se procedió al análisis en detalle de los programas analíticos de estas asignaturas y a la revisión de sus textos, se realizaron varias sesiones de discusión con profesores de experiencia de la carrera y se encuestaron a los especialistas y a los estudiantes de tercero y cuarto años.

A continuación se reflejan los principales resultados de este trabajo:

- Las disciplinas Matemática General, y Matemática Aplicada y Geomática están muy relacionadas, ya que los problemas que se resuelven en esta última requieren por su propia naturaleza de un enfoque interdisciplinario más profundo, con un dominio conceptual y habilidades de cálculo bien desarrolladas de toda la matemática anterior para poder comprender y seguir todo el procesamiento matemático que aparece en las diferentes asignaturas de la carrera.
- Los estudiantes de tercero y cuarto año reconocen tácitamente la importancia y presencia de la Matemática en la carrera, en contraste con lo que ocurre con los estudiantes de primero y segundo.
- Se determinaron qué contenidos era necesario incluir en el programa de la disciplina y cuáles no, y se determinó el nivel de profundidad necesario para los contenidos de Matemática General.
- Se identificaron ejemplos propios de la carrera para poder aplicarlos en las clases de Matemática y Estadística.
- Se logró un fructífero y sistemático intercambio entre los profesores de la disciplina Matemática General y los especialistas de la carrera.
- Se identificaron los Nodos potenciales de articulación interdisciplinaria que permitieron determinar las relaciones existentes entre cada uno de los temas de la disciplina con los contenidos de las restantes disciplinas de la carrera, en un análisis detallado y profundo de sus documentos oficiales y en el intercambio con profesores de experiencia.
- Se tomó conciencia de la necesidad de la interdisciplinariedad de la Matemática General con las otras disciplinas de la carrera, lo que se desarrolla a través de los Nodos potenciales de articulación.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta etapa de revelar de los temas de la disciplina los Nodos potenciales de articulación fueron muchos los contenidos de Matemática que se identificaron como contenidos precedentes para las restantes disciplinas, ellos son los contenidos del cálculo diferencial e integral que aparecen implícitos en la mayoría de las disciplinas de la carrera, pero que no constituyen Nodos potenciales de articulación interdisciplinaria para el perfeccionamiento de su diseño curricular.

Identificación de los Nodos potenciales de articulación interdisciplinaria

Partiendo de la estructura temática de la disciplina y del análisis de los programas de todas las disciplinas de la carrera, los que aparecen referidos en el Plan de estudio se revelaron Nodos potenciales de articulación interdisciplinaria en ocho contenidos que tienen posibilidades de desarrollar la interdisciplinariedad, en los que se identifican las asignaturas a las que estos pertenecen.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), que aparecen en la tabla 1, constituyen un Nodo potencial de articulación Tipo 3, que articula con prácticamente todas las asignaturas de la carrera. En particular en el segundo semestre de segundo año se desarrolló la articulación interdisciplinaria entre Informática II y Matemática Numérica con el empleo del asistente matemático MATLAB [3], lo que requirió del intercambio sistemático de los profesores de estas asignaturas y finalmente culminó con la presentación y evaluación del último laboratorio de Matemática Numérica, ante un tribunal integrado por profesores de ambas asignaturas, con muy buenos resultados.

Tabla 1: Nodos potenciales de articulación interdisciplinaria Tipo 3

Tema	Contenido de la asignatura de otra disciplina	Asignatura
Las TIC. Asistentes matemáticos	Uso de los sistemas informáticos con el fin de realizar cálculos específicos, elaborar y presentar resultados experimentales, crear y manejar base de datos, textos, gráficos y uso de software.	En todas las asignaturas de la carrera

Se identificaron dos nodos Tipo 2 que son referidos a la Conversión y transformación de coordenadas, y a la Estadística, siendo este último el más fuerte, ya que como se muestra en la tabla 2, tiene ocho articulaciones con seis asignaturas. Es precisamente para los contenidos de los nodos de Tipo 2, para los que la Matemática General tiene que hacer las mayores transformaciones, ya que por su amplia aplicación en otras disciplinas requieren de una profundización tanto desde la ciencia (bibliografía, fundamentos, métodos, procedimientos, entre otros) como desde la didáctica a desarrollar, en un intercambio sistemático entre los profesores de las asignaturas de las disciplinas involucradas.

Tabla 2: Nodos potenciales de articulación interdisciplinaria Tipo 2

Tema	Contenido de la asignatura de otra disciplina	Asignatura
Conversión y transformación de coordenadas	Curvas y superficies de nivel	Geodesia y topografía
	Simetría y transformación de coordenadas en cilíndricas y esféricas	Dibujo aplicado
	Transformaciones entre los sistemas de coordenadas geodésicos	Geodesia y topografía
Estadística	Media aritmética ponderada	Geodesia y topografía
	Ajustes de curvas por mínimos cuadrados	Física I
	Estimación por intervalos de confianza para los errores sistemáticos para mediciones directas	Física I
	Método de los mínimos cuadrados en el espacio para minimizar la distancia entre el elipsoide y la figura física real	Geodesia y topografía
	Métodos de <i>Kriging</i>	Modelos digitales
	Distribuciones muestrales, inferencia	Procesamiento

	estadística y regresión y correlación entre dos variables	de datos I
	Álgebra matricial, estudio de secuencias de datos, análisis de componentes principales y técnicas afines, regresión multivariada y temas afines e introducción a las técnicas estadísticas de clasificación	Procesamiento de datos II
	Variabilidad espacial de la gravedad utilizando los gradientes horizontales o verticales en un punto, los variogramas, la entropía de campo, su función de autocovarianza	Matemática Aplicada

En la tabla 3 se presentan como Nodos potenciales de articulación, Tipo 1: El Álgebra Lineal, las Ecuaciones Diferenciales, las Series de Fourier y los espectros de frecuencia, la Matemática Numérica y las Probabilidades.

Tabla 3: Nodos potenciales de articulación interdisciplinaria Tipo 1

Tema	Contenido de la asignatura de otra disciplina	Asignatura
Álgebra Lineal	Álgebra aplicada a la solución de problemas topográficos	Geodesia y topografía
	Álgebra de mapas (Grandes Matrices)	Geomática
	Solución de sistemas de ecuaciones lineales (ajustes de redes)	Geodesia y topografía
	Vectores en los métodos potenciales	Magnetometría
Ecuaciones Diferenciales	Ecuación diferencial de circuitos RC, RL y RLC	Física I
	Oscilaciones y ondas electromagnéticas	Física I
	Ecuaciones de Maxwell de forma diferencial. Ley de Gauss.	Física I
	Ecuaciones integrales y diferenciales	Teoría del potencial
	Propagación de ondas electromagnéticas, ondas elásticas	Procesamiento de datos
	La ecuación diferencial de Bessel y Legendre	Matemática Aplicada
	Ecuaciones integro diferenciales lineales con coeficientes constantes	Matemática Aplicada
	Solución general de la ecuación de Laplace en coordenadas cilíndricas	Matemática aplicada
	Solución general de ecuación de Laplace para problemas con simetría cilíndrica y esférica	Teoría del potencial
	Campo eléctrico de un electrodo puntual en un medio homogéneo e isotropo	Métodos eléctricos
	Ley de Ohm en forma diferencial	Métodos eléctricos
	Transformadas de Laplace	Matemática Aplicada
	Relación existente entre la transformada	Matemática

	de Laplace y la de Fourier	aplicada
Matemática Numérica	Interpolación de variables continuas	Dibujo aplicado, Procesamiento de datos, Geodesia y topografía
	Interpolación polinómica por Spline	Geodesia y topografía
	Teoría de errores	Geodesia y topografía
	Solución de EDP	Geodesia y topografía
	Cálculo de volúmenes y áreas (Simpson)	Geodesia y topografía
	Método de los mínimos cuadrados	Geodesia y topografía, Geomática
Series de Fourier. Espectros de frecuencia	Filtros digitales	Geomática
	Teledetección y procesamiento digital de imágenes	Geomática
	Errores de alineación en las líneas de nivelación geométrica	Geodesia y topografía
Probabilidades	Cálculo de probabilidades	Procesamiento de datos, Geodesia y topografía
	Probabilidades sobre la teoría de errores de las mediciones, ajuste de mediciones geodésicas y modelos digitales	Geodesia y topografía

Como es imposible reflejar todo el trabajo desarrollado para todos los Nodos potenciales de articulación identificados desde la disciplina Matemática General, analizaremos, a modo de ejemplo, un nodo representativo correspondiente al tema de Estadística.

Desarrollo de la Estadística como Nodo potencial de articulación Tipo 2

Para los profesionales de las Geociencias un modelo estadístico es una expresión matemática en la que al menos un elemento es una componente aleatoria; es decir, un efecto que es impredecible al nivel de cada una de las observaciones individuales, pero cuyos efectos pueden ser predecibles en un conjunto grande de observaciones.

La metodología de trabajo y los instrumentos diseñados y aplicados a estudiantes y profesores aportó que:

- Tanto estudiantes como especialistas consideran la Estadística como un pilar imprescindible en la formación de un ingeniero geofísico.
- Muchas asignaturas explotan estas herramientas que brinda la Estadística; por ejemplo, en la asignatura Procesamiento de datos (3er año) se verificó que ya se logra esta integración a través de un trabajo de

curso en el que se desarrollan tres etapas: Análisis exploratorio de los datos, Análisis estructural y Predicciones (*kriging* o simulaciones).

- No siempre se logra a través de la disciplina Matemática poner ejemplos geofísicos que permitan al estudiante valorar la importancia de esta disciplina en la carrera.
- Existen incongruencias en este plan de estudio que hay que modificar, entre ellos está el solape de contenidos en diferentes asignaturas.

Algunas de las transformaciones fundamentales para la asignatura Probabilidades y Estadística son las siguientes:

- Estructuración y organización del contenido: Eliminar de la asignatura Probabilidades y Estadística lo referido a procesos estocásticos, contenido que se imparte en Matemática Aplicada, y debe rediseñarse el sistema de conocimientos básicos de la disciplina Matemática Aplicada y Geomática.
- Formas de enseñanza: Aumentar significativamente la cantidad de actividades en las que predomine el trabajo independiente de los estudiantes, tanto individual como grupal, en la que tengan un gran peso los métodos activos de enseñanza.
- Sistema de evaluación de la asignatura y sistemas de tareas: Incluir trabajos extraclase que exijan un fuerte procesamiento estadístico vinculado con la especialidad, ya que esta asignatura no tiene examen final, donde cada estudiante busque una base de datos de como mínimo 30 datos y tres variables relacionadas con la carrera, de las cuales debe conocer el lugar de procedencia de los datos, el problema, y el objetivo con que se realizó el muestreo, para lograr una adecuada interpretación de los resultados obtenidos y se ilustren los contenidos impartidos a través de ejemplos de la especialidad, lo que logrará mayor motivación por la asignatura y la carrera.
- Organización del proceso docente educativo: Planificar actividades interdisciplinarias, tales como la realización de tareas, proyectos de curso, prácticas de producción y trabajos científicos, donde la Matemática juegue un papel fundamental y se propongan evaluaciones conjuntas.

La Estadística puede vincularse con problemas específicos de la carrera ya que en ellos se utiliza mucho la estimación de los parámetros geométricos y físicos a partir del campo residual correspondientes a un modelo dado, tratando de producir anomalías lo más cercanas a la residual local: Si se logran establecer desde el diseño curricular y por todas las vías posibles las conexiones e interrelaciones entre los contenidos, se propiciarán aprendizajes con un enfoque de profundidad que sienta las bases para lograr aprendizajes significativos; en este sentido se muestran algunos ejemplos:

Ejemplo 1: En un afloramiento de areniscas se desea estudiar el comportamiento de diversas características de este afloramiento como pudieran ser la porosidad y la densidad, entre otras, lo que se logra a través de la estimación de estos parámetros; también se pudiera tratar de verificar si dados 2 afloramientos diferentes de areniscas sus densidades difieren o no entre sí, para lo cual nos apoyaríamos en las llamadas pruebas de hipótesis para tomar una decisión probabilística sobre si las diferencias observadas están dentro del intervalo en el que debían aparecer, o si estas diferencias son tan grandes que nos permita asegurar que pertenecen a dos afloramientos diferentes.

Ejemplo 2: Se comparan los datos de disección vertical de relieve (m/km^2), correspondientes a dos sectores de las alturas de pizarras del norte de la provincia de Pinar del Río. La Prueba de *Kolmogorov-Smirnov* nos permitirá decidir si las dos muestras han sido tomadas de una misma población o de dos poblaciones que poseen la misma distribución de probabilidades.

Ejemplo 3: Supongamos que en una zona se han ubicado pozos de búsqueda, resultando algunos productivos y otros estériles. Algunos de estos pozos fueron ubicados solo por criterios puramente geológicos, mientras que otros fueron ubicados por criterios geológicos, geoquímicos y geofísicos. Se quiere valorar si la efectividad de ambos grupos de pozos puede ser considerada como estadísticamente equivalente o no, o sea si los criterios empleados para la ubicación de los pozos no influye en los resultados de los mismos (Prueba X^2 para dos muestras).

Ejemplo 4. Se estudia una zona en la que se desea saber si las profundidades (m) asociadas a un horizonte geológico, obtenido por datos de perforación, exploración sísmica y exploración eléctrica, pueden ser considerados como equivalentes (Criterio de *Cochran* si las muestras son iguales, análisis de varianzas, regresión).

Ejemplo 5: Presentar determinadas características de dos afloramientos de un mismo tipo litológico, como por ejemplo la densidad, y aplicárselo a la estadística recibida.

Ejemplo 6: Se estudia la porosidad de rocas calcáreas del noreste de la ciudad de Holguín a partir de las observaciones *in situ* de la resistencia a la compresión axial, la porosidad y la velocidad de propagación de ondas sísmicas longitudinales (Regresión).

CONCLUSIONES

A partir de la investigación desarrollada se llegan a las siguientes conclusiones:

El análisis y desarrollo de la interdisciplinariedad desde la Matemática General en la carrera de Ingeniería Geofísica está dirigida a lograr una sólida formación de los futuros ingenieros.

Con los instrumentos y la metodología utilizada se obtuvo la información requerida para identificar los Nodos potenciales de articulación

interdisciplinaria, que constituyen la base para el rediseño de los programas de las asignaturas y disciplinas en el plan de estudio.

El desarrollo de la interdisciplinaria se produjo en un fructífero proceso de intercambio entre los profesores de las diferentes disciplinas que permitió que cada profesor conociera quién introduce, sistematiza o generaliza un concepto, la importancia de los mismos en la carrera, los problemas de precedencias y solapes, los textos y las notaciones utilizadas, entre otros múltiples aspectos.

La utilización de ejemplos de la especialidad como los que se muestran para Estadística sin dudas incrementa la motivación de los estudiantes al poder aplicar los conocimientos recibidos de diferentes asignaturas con enfoques, métodos, medios y bibliografía orientados armónicamente.

BIBLIOGRAFÍA

Fernández, B. (2000). La interdisciplinaria como base de una estrategia para el perfeccionamiento del diseño curricular de una carrera de ciencias técnicas y su aplicación a la Ingeniería en Automática en la República de Cuba. Tesis de Doctor en Ciencias Pedagógicas. La Habana. Cuba.

Ministerio de Educación Superior de Cuba. (2010). Plan de estudio de la carrera Ingeniería Geofísica, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", CUJAE, La Habana, Cuba.

Baldoquín, G.; Fernández, B. (2000). "La integración de asistentes matemáticos en la disciplina de Matemática para la carrera de Ingeniería Eléctrica". International Conference on Engineering and Computer Education, ICECE 2000, Sao Paulo, Brasil.

Krumbein and Graybill. (1965). An Introduction To Statistical Models In Geology. Editorial: McGraw-Hill and Co.

Roche, J. (1989). Estadísticas en las ciencias geológicas. Editora ISPJAE. Cuba.

Herrera, C.G.; Ortiz, E.; Moreno, O.E & Medina, L. Modelización matemática. (2012). Propuesta didáctica de articulación entre Matemática, Física y Geofísica. Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. Tucumán. Argentina.

Herrera, C.G. & Verón, C.A. (2011). Conocimientos de Matemáticas de los Alumnos ingresantes a la carrera de Licenciatura en Geología. II Congreso Internacional de Educación en Ciencia y Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca. Argentina.

Ladik, J. (1967). Matemáticas en la Geofísica Aplicada. Impresiones Ligeras. Facultad de Tecnología. Universidad de La Habana.

Medina, L. & Herrera, C.G. (2012). La matemática como disciplina transversal en la formación de Licenciados en Geología. Producción científica de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas III. Universidad Nacional de Catamarca. Pag. 11-16. Catamarca. Argentina.

